

成熟林木伐採地에서 運材路의 浸蝕에 미치는 環境要因의 影響¹

朴在鉉² · 禹保命² · 鄭道鉉³

Influences of Environmental Factors on Soil Erosion of the Logging Road in Timber Harvested Area¹

Jae - Hyeon Park², Bo - Myeong Woo² and Do - Hyun Jeong³

要 約

○ 研究은 大規模 伐採地 運材路에서의 浸蝕 및 堆積에 관련되는 主要 因子와 그 影響을 究明할 目的으로 1993년부터 1994년까지 2개년간 白雲山 地域(서울大學校 農業生命科學大學 附屬 南部演習林 第25林班)에 개설된 運材路에서 수행한 研究로서 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 運材路 路面 浸蝕의 설명에 유의한 因子는 累加降雨量, 浸蝕距離, 運材路의 橫斷물대, 土壤硬度等 4個 因子이었으며, 累加降雨量이 많을수록, 運材路 始點으로부터 距離가 멀수록, 運材路의 橫斷물대가 급할수록 運材路의 路面 浸蝕量은 증가하였다.
2. 運材路에서 切土斜面 浸蝕量의 說明에 유의한 因子는 切土斜面의 模樣, 浸蝕된의 位置, 植生被覆度, 土壤硬度, 모래含有率, 累加降雨量, 粘土含有率, 미사含有率等 8個 因子이었으며, 植生被覆도가 낮을수록, 累加降雨量이 많을수록, 土壤中的 모래含有率이 많을수록 運材路의 切土斜面 浸蝕量은 증가하였다.
3. 運材路에서 盛土斜面 浸蝕量의 설명에 유의한 因子는 總降雨量, 降雨횟수, 土壤硬度等 3個 因子이었으며, 降雨량이 많을수록, 降雨횟수가 많을수록 運材路의 盛土斜面 浸蝕量은 증가하였다.
4. 運材路에서 발생된 總浸蝕量은 運材路 開設 當該年度에는 $5.04 \times 10^2 \text{m}^3/\text{m}$, 그 다음 해에는 $7.37 \times 10^2 \text{m}^3/\text{m}$ 로, 이중 路面 浸蝕量은 運材路 開設 當該年度와 그 다음 해에 각각 運材路 總浸蝕量의 32.7%, 57.1%, 切土斜面 浸蝕量은 각각 總浸蝕量의 30.4%, 21.0%, 盛土斜面 浸蝕量은 각각 總浸蝕量의 36.9%, 21.9%이었다.

以上の 結果를 종합해 볼 때 山林伐採를 위하여 開設된 運材路에서의 浸蝕을 低減하기 위해서는 運材路 開設時 環境保全의으로 적절한 路線 設計가 이루어져야 하며, 切盛土斜面에는 早期 植生被覆을 위한 安定綠化 方案이 강구되어야 할 것이다.

ABSTRACT

This research aimed at the contribution to obtaining the scientific data which were required for planning the environmentally sound and sustainable management, particularly in the field of the logging road construction.

Main natural environmental variables including natural vegetation, rainfall, soil runoff were measured in the logging road on sites and analysed. This project was carried out at the (mt.)Paekunsan Research Forest of Seoul National University, located in Gwangyang, Chollanam-do in southern part

¹ 接受 1995年 3月 21日 Received on March 20, 1995.

² 서울大學校 山林資源學科 Dept. of Forest Resources, Seoul Nat'l Univ. Suwon, Korea.

³ 林業研究院 Forestry Research Institute, Pochon, Korea.

of Korea, from 1993 to 1994.

1. The explanatory variables for erosion and sedimentation on logging road surface were accumulated rainfall, erosion distance, cross-sectional gradient, and soil hardness. The erosion and sedimentation on logging road was increasing positively in proportion to the accumulated rainfall, soil distance from starting point of the logging road, and cross-sectional gradient.
2. On cut-slope of logging road, cut-slope shape, part of the slope, plant coverage, soil hardness, sand content, accumulated rainfall, clay content, and silt content were effective factors. Cut-slope erosion and sedimentation on logging road increased as with the lower plant coverage, the lower accumulated rainfall, the high sand content in the soil.
3. On fill-slope of logging road, there were three significant variables such as total rainfall and number of rainfall-storm. Fill-slope erosion and sedimentation had a positive correlation with the amount of rainfall, the number of rainfall, the soil hardness.
4. The total erosion and sedimentation on logging road were $5.04 \times 10^2 \text{ m}^3/\text{m}^2$ in logging road construction year, $7.37 \times 10^2 \text{ m}^3/\text{m}^2$ in next year. The erosion and sedimentation on logging road surface were 32.7% of total erosion and sedimentation on logging road in construction year, and 57.1% in next year, respectively. The erosion and sedimentation on cut-slopes were 30.4% on logging road in construction year, fill-slopes of total erosion and sedimentation and 21.0% in next year, respectively. The erosion and sedimentation on fill-slopes were 36.9% on logging road in construction year, 21.9% in next year.

To decrease the erosion and sedimentation at the logging road from the beginning stage of construction, the effective revegetation works should be implemented on the cut-slope and fill-slopes, and erosion control measures such as optimal road design must be constructed on road surface.

Key words : Erosion and sedimentation, Logging road, Cut-slope, Fill-slope

緒 論

運材路의 開設은 산림에 대한 開發行爲(opening-up)로서 대부분의 개발행위가 周邊環境에 미치는 영향이 심하듯이 運材路의 開設 역시 주변환경에 영향을 주게 된다. 그러나 山林開發과 環境保全이 모두 인간생활과 밀접한 관계가 있으므로 어느 하나에만 치중할 수는 없다. 따라서 “環境保全의 관점에서 經濟·技術의 상황을 감안한 최선의 開發方案”을 모색하여야 한다. 이러한 관점에서 볼 때 運材路 開設이 주변환경에 負의 影響을 준다고 하여 부정적인 시각에서 바라보기보다는 運材路의 計劃·設計·施工 및 維持管理함에 있어서 이들이 인근 지역에 미칠 環境的 問題를 충분히 고려한 적절한 環境影響 低減策을 마련하여야 할 것이다.

최근 들어 山林의 伐採面積은 增加하고 있으며, 이를 위하여 開設되는 運材路는 增加趨勢에 있어, 이들 역시 周邊環境에 影響을 미치고 있는 실정에 있다. 이러한 山林伐採 等の 開發行爲는

氣象, 地形, 動·植物 等の 自然環境과 土地利用, 大氣, 水質, 廢棄物, 騒音 等の 生活環境 그리고 人口, 産業 等の 社會經濟環境 等に 影響을 미친다고 할 수 있다(環境處, 1991).

運材路의 開設에 의하여 山林環境을 構成하는 植生, 動物, 土壤, 氣象 등이 변화하게 되고, 年次的인 運材路 計劃에 의한 山林伐採와 이들 벌채된 임목을 반출하기 위한 차량 등의 이동으로 路面 土壤의 浸透率이 크게 변화하고, 토양을 다져지게 하여 토양공극을 감소시키고 배수를 불량하게 함으로써 土壤 表面浸蝕을 가속시킨다(Adams, 1991; Sidle, 1992).

運材路의 開設에 따른 土壤攪亂에 대하여 Johnson 等(1980) Adams(1981), Froehlich 等(1985)은 攪亂되지 않은 山林土壤은 높은 공극률과 공극밀도를 가지나 山林作業으로 인하여 토양의 공극률과 공극밀도는 감소하는데 이러한 運材路에서 土壤의 容積密度를 攪亂되지 않은 自然狀態로 回復시키기 위해서는 약 23년이 經過되어야 한다고 報告하였다.

또한, Hatchell 等(1970)은 미사질양토에서 伐

採前의 상태로 토양을 回復시키기 위하여는 8~12년, 트랙터 바퀴에 의해 경화된 運材路 路面 土壤은 약 19年, Perry(1964)는 林道의 경우에는 약 40年이 소요된다고 보고하였으며, 北田 正憲等(1989)은 대부분의 土壤浸蝕은 自然山地보다 林道나 運材路로부터 발생하는 土砂流出이 심하여 山地保全에 문제가 발생된다고 하였다. 특히 伐採地域에서 土壤浸蝕의 원인이 되는 부적당한 集材作業은 林道나 運材路로부터 발생되며(U.S. Dept. of the Interior, 1970; Fredriksen, 1970; Beasley 等, 1986), 이로 인하여 浸蝕된 土砂의 流出·堆積은 水質에 가장 큰 영향요인이라고 보고하였다(Vaughan, 1984).

이와 같이 林道와 運材路 開設로 인하여 발생하는 土壤浸蝕을 防止하기 위하여는 林道와 運材路의 路線 設計를 효율적으로 해야 하며, 효율적인 路線 設計를 통하여 溪流 水質을 保全하고, 토지이용의 효율성을 增大시킬 수 있으며, 運材路의 開設은 이를 구성하는 路面, 切土斜面 및 側溝에서 발생하는 土壤浸蝕 등으로 인해 주변환경에 영향을 미치게 된다.

따라서 이 研究는 運材路를 開設하면서 형성되는 路面, 切土斜面 그리고 盛土斜面 등에서의 浸蝕 및 堆積에 관련되는 主要 因子와 그 影響을 究明하는데 목적이 있다.

材料 및 方法

1. 研究對象地域의 概況

이 研究는 서울大學校 農業生命科學大學 附屬 南部演習林 白雲山(해발 1,217m) 地域에 1993年 5월에 개설한 약 2.6km의 運材路를 대상으로 수행하였다.

이 지역의 年平均氣溫은 光陽(표고 13m, 14℃)과 표고가 높은 智異山 地區의 深源(標高 750m, 9.3℃)의 範圍에 있다. 最近 10年間 年平均 降水量은 畚谷이 1,927.8mm로 우리나라 平均降水量(약 1,274mm)보다 많은 양을 나타내고 있으며, 降水量中 60% 以上이 장마기간인 6~9월 中에 集中되어 있다. 즉, 白雲山 地域은 한반도내의 최다 강우지역의 하나인 蟾津江 流域에 포함되며, 다습한 상승기류가 山地斜面을 타고 올라가므로 산복에 산악형 강우를 동반하는 山地氣象의 特殊性을 가진다.

日 最高·最低 氣溫과 1日 最多降水量을 調査하면 畚谷에서는 1984년에 -21℃를 기록하였으며, 1989년에 361mm/日을 기록하였다. 地形은 해발 800~1,000m가 전체의 53.7%를 차지하고 있으며, 700~800m와 1,000~1,100m가 각각 11.8%, 12.2%를 점유하고 있다. 傾斜度는 북사면이 남사면보다 급한 편이며, 調査地는 해발 600~800m에 위치하고 있다.

地質의으로 보면 이 곳은 中生代 白堊紀의 퇴적물이 선캄브리아기에 화강암의 관입으로 변성된 지리산 변성복합체에 속하며, 斑狀變晶 花崗岩質 片麻岩이 주류를 이루고 있고, 화강편마암은 부분적으로 分布한다. 토양종의 분포는 행산~무등~청산 토양군이 주로 분포하고, 표고가 낮은 지역은 운곡~칠곡~안봉 토양군이 분포하며, 전체적으로 배수가 양호한 埴·砂壤質土壤으로 구성된다.

2. 研究方法

(1) 運材路에서의 路面 浸蝕量

運材路의 路面 浸蝕 調査區는 1993年 5月 成熟 林木收穫을 위하여 白雲山 第 26林班內에 開設된 運材路(총 연장 2,609m)에서 總 200m의 路面에 5m 間隔으로 總 40個의 調査區를 設置하였다.

路面 浸蝕 調査는 1993年과 1994年으로 구분하여 여름 강우가 종료되는 8월말에서 9월초에 전체 강우기간에 발생한 浸蝕溝를 調査하였다. 浸蝕溝(rill)는 降雨에 의하여 형성되어 육안으로 명확히 유수역이 구분되는 연속된 침식구에 대하여 각 調査區에서 나비, 길이 그리고 깊이를 측정하였다.

浸蝕溝의 斷面이 삼각형의 모양인 경우에는 역 삼각형으로 간주하여 斷面積을 계산하였고, 사각형이나 사다리꼴 모양으로 나누어 조사하여 그 모양에 따라 양단면적평균법을 이용하여 계산하였다. 또한, 浸蝕溝의 발달상태를 야장에 스케치하여 각 침식구의 개시점 및 소실점과 분지 또는 합류 여부를 나타내고, 이 점들에 대해서도 동일한 방법으로 측정하였다.

(2) 運材路에서의 切土斜面 浸蝕量

運材路에서의 切土斜面 浸蝕量 調査區(나비 1m < 길이 1~3m)는 총 9個所의 切土斜面에, 切土斜面의 상부에서 切土斜面이 路面에 닿는 부분까지 침식핀(erosion depth measuring pin; 길이

60cm, 지름 7mm)을 50cm 간격으로 박아 침식 및 퇴적되는 양상을 매월 1회 측정하였다. 浸蝕량은 矩形柱體法(禹保命, 1983)에 의하여 계산하였다.

(3) 運材路에서의 盛土斜面 浸蝕量

運材路에서의 盛土斜面 浸蝕 調査區(나비 2m × 길이 5~7m)는 절토사면에서와 같이 성토사면 상부에서 하부까지 3개소에 50cm 간격으로 침식편을 박아 침식 및 퇴적깊이의 변화를 매월 측정하여 矩形柱體法에 의하여 浸蝕량을 계산하였다.

結果 및 考察

1. 運材路에서의 路面 浸蝕

(1) 路面 浸蝕 調査區의 特性

運材路에서의 路面 浸蝕량을 調査하기 위하여 40個의 調査區를 설정하였는데, 路面 浸蝕 調査區의 평균 중단물매는 15.5(1.0~30.0)%, 路幅은 4.45(2.4~6.5)m로 비교적 路幅은 넓고 중단물매는 급한 것으로 나타났다. 또한, 평면선형은 40개 조사구중 33개소가 직선부에, 7개소가 곡선부에 위치하였다.

노면의 횡단선형은 평면형(flat형)이 8개소, 절토사면쪽의 하단부로 편물매를 준 inslope형이 32개소이었다. 노면의 중앙부가 양쪽 노면부보다 높은 camber형이나 성토사면쪽으로 편물매를 준 outslope형은 나타나지 않았다.

路面的 土壤特性을 조사한 결과 土壤硬度는 運材路 開設 當該年度에는 5.42(4.35~6.49)kg/cm²이었다. 운재로 개설후 1년이 경과된 1994년에는 7.55(7.32~7.78)kg/cm²로서 절토·성토사면에 비하여 현저히 높은 것으로 나타났다. 土壤의 容積密度는 運材路 開設 當該年度에는 토양의 겉층(토양깊이 0~7.5cm)에서는 1.305(1.251~1.359)g/cm³, 토양의 속층(토양깊이 7.5~15cm)에서는 1.300(1.250~1.350)g/cm³이었으며, 그 다음 해에 토양의 겉층에서는 1.342(1.259~1.425)g/cm³, 토양의 속층에서는 1.341(1.259~1.425)g/cm³로 運材路 開設 當該年度보다 증가하였는데, 이는 벌채한 임목을 운송하기 위한 차량 등의 통행으로 인하여 운재로 노면이 다져졌기 때문이다.

모래함유율과 점토함유율은 각각 44.9(37.6~52.3)%와 10.8(8.0~13.6)%으로서 절토사면 및

성토사면과 유사한 값을 나타내었다.

(2) 路面 浸蝕量

運材路 開設 當該年度와 그 다음 해의 路面 浸蝕량을 伐採地에 개설한 運材路의 총연장(2,609m)으로 환산한 浸蝕량은 각기 73.58m/km($1.65 \times 10^{-2} \text{m}^3/\text{m}^2$), 187.23m/km($4.21 \times 10^{-2} \text{m}^3/\text{m}^2$)으로 조사기간중 발생된 總 路面 浸蝕량은 260.81m/km($5.86 \times 10^{-2} \text{m}^3/\text{m}^2$)이었다.

이를 운재로의 평균노폭으로 환산한 침식깊이는 運材路 開設 當該年度에는 1.65cm, 그 다음 해에는 4.21cm로 運材路 開設後 2年間 總浸蝕깊이는 5.86cm로 運材路 開設 當該年度에는 運材路의 路面, 切·盛土斜面 浸蝕량을 모두 합한 總浸蝕량의 32.7%, 그 다음 해에는 運材路 總浸蝕량의 57.1%이었다.

이와 같이 運材路 開設 當該年度의 路面 浸蝕량보다 그 다음 해에 발생된 침식량이 많게 나타난 것은 계류가 통과되는 지점에 운재로를 개설함으로써 계류가 流下方向으로 流下하지 않고 운재로 노면을 따라 流下하면서 路面的 세굴을 유도하였기 때문으로 생각된다.

특히, 運材路 路面的 縱斷물매가 급하지 않은 조사구의 침식량은 물매가 급한 곳보다 많게 나타났는데 이는 運材路가 溪流를 通過하도록 設計되었고, 노면배수를 위한 암거나 개거 등 배수처리를 위한 시설을 하지 않고 설계한 데에도 그 원인이 있다고 생각된다.

따라서 伐採地에 運材路를 開設하는 경우, 계곡을 통과하여 운재로를 설계하는 것은 수림대를 훼손할 뿐만 아니라 운재로의 路面 浸蝕을 가속시켜 운재로의 노체파괴 원인이 될 수 있으므로 운재로는 계류가 흐르는 지점을 피하고, 계곡에 근접하게 설계·시공하는 것은 지양하여야 할 것이다. 또한, 運材路의 路面 浸蝕을 저감시키기 위하여 측구시설 및 암거 등을 시설하도록 하고, 주변별도목을 이용한 중·횡배수시설을 溪流通過地點 부근에 배치하여 설계하여야 할 것이다(Weitzman 等, 1952; Fredriksen, 1970; Adamovich 等, 1971; Rogan, 1974; Vaughan, 1984; 小部彌太郎, 1985; Brown, 1991).

(3) 路面 浸蝕에 影響을 미치는 要因

運材路 路面 浸蝕의 影響因子를 分析하기 위해 運材路 路面 浸蝕에 중요한 影響要因인 運材路의 縱斷물매, 橫斷물매, 路幅, 道路形態, 浸蝕거리,

土壤硬度, 토양 0~7.5cm, 7.5~15cm 깊이의
容積密度 등 8종의 立地因子 및 累加降雨量, 單
位降雨횟수 등 2종의 環境因子들 각각의 關係를
stepwise를 이용한 多重回歸分析結果는 表 1에
서와 같다.

運材路 路面 浸蝕의 설명에 유의한 因子를 밝
히기 위하여 stepwise를 이용한 多重回歸分析結
果 運材路 路面 浸蝕量에 중요한 영향을 미치는
인자는 累加降雨量, 浸蝕距離, 運材路 橫斷물매,
土壤硬度 등 4個 因子이었으며, 중상관계수는
0.6359로 고도로 유의하였다.

이를 多重回歸式으로 나타내면,

運材路 路面 浸蝕量 = -1123042.6758 + 50.4624
SR + 22.1090EO + 6.1727CS + 3.2133SH (R²
= 0.64)이었다. 이때, SR은 累加降雨量, EO는
浸蝕距離, CS는 橫斷물매, SH는 土壤硬도를 나
타낸다.

그러나 先行研究(鄭道鉉, 1987; 1994)에서는
林道の 縱斷물매와 路面 浸蝕量과는 높은 相關을
나타내었으나, 이 研究에서는 有意하지 않은 결
과를 나타내었다. 이는 이 연구 조사지의 운재로
는 縱斷물매가 낮은 계류를 통과하는 곳이 많았
으며, 특히 운재로가 계곡부를 통과하는 지점에
서 계류가 운재로 노면을 따라 월류함으로써 침
식량이 증가하였기 때문인 것으로 생각된다.

2. 運材路에서의 切土斜面 浸蝕

(1) 切土斜面 浸蝕 調査區의 特性

切土斜面 浸蝕量을 調査하기 위하여 9개의 調
査區를 설치하였는데, 切土斜面 浸蝕 調査區의
사면길이는 약 2.1(1.4~2.8)m, 斜面傾斜도는
약 36.5°(30°~43°)로 급경사이었다. 斜面方位는
남향사면 5개소, 북향사면 4개소이었다.

土壤硬度는 약 3.72(0.65~6.78)kg/cm², 모래
함유율은 약 44.9(35.2~54.7)%, 점토함유율은
약 9.5(5.9~13.1)%이었다.

(2) 切土斜面 浸蝕量

運材路 切土斜面의 單位面積當 浸蝕量은 운재
로 개설 당해년도에는 1.53×10⁻²m³/m², 그 다음
해에는 1.55×10⁻²m³/m²로, 조사기간중 運材路의
總 切土斜面 浸蝕量은 3.08×10⁻²m³/m²이었다.

이를 침식깊이로 환산한 결과 運材路 開設 當
該年度에는 1.53cm, 그 다음 해에는 1.55cm로
運材路 開設後 2年間 總 침식깊이는 3.08cm이었
으며, 運材路 開設 當該年度에는 運材路의 路面,
切土·盛土斜面 浸蝕量을 모두 합한 總浸蝕量의
30.4%, 그 다음 해에는 運材路 總浸蝕量의 21.0
%이었다.

(3) 切土斜面 浸蝕에 影響을 미치는 要因

運材路 切土斜面 浸蝕의 影響을 미치는 要因을
밝히기 위하여 切土斜面 方位, 傾斜度, 浸蝕된
位置, 土壤의 모래含有率, 미사含有率, 점토含有
率, 土壤硬度, 斜面의 模樣, 植生被覆度 등 9종
의 立地因子 및 土壤水分, 累加降雨量 등 2종의
環境因子에 대하여 stepwise를 이용한 통계분석
결과는 表 2에서와 같다.

切土斜面의 浸蝕量의 설명에 유의한 因子는 斜
面의 模樣, 浸蝕된 位置, 植生被覆度, 土壤硬
도, 모래含有率, 累加降雨量, 점토함유율, 미사
함유율 등 8개 인자이었으며, 중상관계수는 0.6730
으로 고도로 유의하였다.

이를 多重回歸式으로 나타내면 다음과 같다.

切土斜面 浸蝕量 = 16.4410 - 0.3633TP + 0.5162
LE - 0.2625C - 0.3618SH + 0.3392RS - 5.6541E -
0.3SR - 0.1320RC - 0.0876RS (R² = 0.45)이었다.
이때, TP는 切土斜面의 模樣, LE는 浸蝕된

Table 1. Multiple regression equations for logging road surface erosion.

Variables	Regression coefficient	Partial R ²	Model R ²	Significance
Constant	-1123042.675			
Sum of amount of rainfall	50.4624	0.2715	0.2715	0.0001**
Erosion distance	22.1090	0.2077	0.4792	0.0001**
Cross slope	6.1727	0.1227	0.6019	0.0001**
Soil hardness	3.2133	0.0339	0.6359	0.0275*
Multi-R=0.6359				

Note : * means statistically significant at 5% level and ** means statistically significant at 1% level.

Table 2. Multiple regression equations for cut - slope erosion.

Variables	Regression coefficient	Standard error	T	Significance T
Constant	16.4410			
Type of slope	-0.3633	0.6282	-8.709	0.0000**
Location of erosion pin	0.5162	0.3780	7.937	0.0000**
Coverage	-0.2625	0.2563	-5.377	0.0000**
Soil hardness	-0.3618	0.4293	-6.812	0.0000**
Ratio of sand	0.3392	0.4293	6.090	0.0000**
Sum of amount of rainfall	-5.65411E-03	0.2710	-3.987	0.0001**
Ratio of clay	-0.1320	0.1120	-2.693	0.0074**
Ratio of silt	-0.0876	0.1926	-2.110	0.0355*
Multi-R=0.6730				

Note : * means statistically significant at 5% level and ** means statistically significant at 1% level.

位置, C는 植生被覆度, SH는 土壤硬度, RS는 모래含有率, SR은 累加降雨量, RC는 점토含有率, RS는 미사含有率을 나타낸다.

3. 運材路에서의 盛土斜面 浸蝕

(1) 盛土斜面 浸蝕 調査區의 特性

運材路 盛土斜面의 浸蝕量을 調査하기 위하여 3개의 調査區를 설치하였는데, 盛土斜面 浸蝕 調査區의 사면길이는 약 4.6(3.5~5.7)m, 斜面傾斜度는 약 27.5 (25°~30°), 斜面方位는 북서향 사면이었다.

土壤硬度는 약 2.43(0.17~4.68)kg/cm², 모래含有率은 약 45.6(39.1~52.1)%, 점토含有率은 약 10.4(6.8~14.0)%이었다.

(2) 盛土斜面 浸蝕量

運材路 盛土斜面의 單位面積當 浸蝕量은 운재로 개설 당해년도에는 1.86×10⁻²m³/m², 그 다음 해에는 1.61×10⁻²m³/m²로 운재로 개설 후 2년간 總 運材路 盛土斜面 浸蝕量은 3.47×10⁻²m³/m²이었다.

이를 단위면적당 침식깊이로 환산한 결과 運材路 開設 當該年度에 盛土斜面 浸蝕깊이는 약 1.86cm, 그 다음 해에는 1.61cm로 運材路 開設後 2年間 總 盛土斜面 浸蝕깊이는 3.47cm이었으며, 運材路 開設 當該年度에는 運材路의 路面, 切土·盛土斜面 浸蝕量을 모두 합한 總浸蝕量의 36.9%, 그 다음 해에는 運材路 總浸蝕量의 21.9%이었다.

이와 같이 運材路 開設 當該年度보다 그 다음 해에 盛土斜面 浸蝕量이 減少한 것은 시간이 경

과함에 따라 盛土斜面이 安定化되었기 때문이며, 盛土斜面의 浸蝕이 많은 부분은 성토사면 상부 즉, 운재로 노면과 맞닿는 부분에서 2~3m 까지에서는 침식이 활발하였으며, 運材路 盛土斜面 상부로부터 멀어질수록 浸蝕量은 작아지면서 대부분 성토사면에 퇴적되는 양상을 나타내었다. 이는 성토사면 상부로부터 3~5m 거리의 위치에서는 운재로 개설후 대부분 식생이 침입하여 피복됨으로써 침식을 억제하였기 때문이다.

(3) 盛土斜面 浸蝕에 影響을 미치는 要因

盛土斜面 浸蝕量에 影響을 미치는 중요한 因子인 斜面比, 浸蝕원의 位置, 盛土斜面의 模樣(凹형, 凸형, 직선형, 복합형), 土壤硬度, 植生被覆度 等 5종의 立地因子 및 土壤濕度, 降雨횟수, 累加降雨量, 總降雨量 等 4종의 環境因子에 대하여 stepwise를 이용한 多重回歸分析 結果는 表 3에서와 같다.

運材路 盛土斜面 浸蝕量의 설명에 유의한 因子를 밝히기 위하여 stepwise를 이용한 多重回歸分析結果 운재로 성토사면 침식량에 영향을 미치는 중요한 인자는 總降雨量, 降雨횟수, 土壤硬度 等 3個 因子이었으며, 중상관계수는 0.4749로 고도로 유의하였다.

이를 多重回歸式으로 나타내면,

盛土斜面 浸蝕量 = -92578.8792 + 43.9155TR + 14.5404NR + 13.6792SH + 7.0707BD (R² = 0.47)이었다. 이때, TR은 總降雨量, NR은 單位降雨횟수, SH는 土壤硬도를 나타낸다.

이와 같이 運材路의 盛土斜面 浸蝕量에 影響을 미치는 因子中 植生被覆度는 인위적인 조절이 가

Table 3. Multiple regression equations for fill - slope erosion.

Variables	Regression coefficient	Partial R ²	Model R ²	Significance
Constant	-92578.8792			
Total rainfall	43.9155	0.2907	0.2907	0.0001**
Number of rainfall	14.5404	0.1302	0.4209	0.0001**
Soil hardness	13.6792	0.0119	0.4329	0.0155*
Multi-R=0.4749				

Note : * means statistically significant at 5% level and ** means statistically significant at 1% level.

능하므로 運材路 切·盛土斜面の 浸蝕을 저감하기 위하여는 林道斜面에서 요구되는 것과 같이 運材路의 切土 및 盛土斜面에는 早期 被覆을 위한 安定·綠化 方法이 講究되어야(禹保命 等, 1993 ; 韓國學術振興財團, 1993 ; 金慶勳, 1994) 할 것으로 思料된다.

結 論

이 研究는 運材路 開設 地域에서의 浸蝕 및 堆積에 관련되는 주요 인자와 그 영향을 구명하기 위하여 1993년부터 1994년까지 2개년간 白雲山 地域(서울大學校 農業生命科學大學 附屬 南部演習林 第 26林班)에 개설된 運材路에서 수행한 결과, 運材路 開設後 2年間 運材路에서의 總浸蝕量(運材路 路面, 切土斜面, 盛土斜面 浸蝕量 合計)은 $12.41 \times 10^{-2} \text{m}^3/\text{m}$ 로, 運材路 開設 當該年度에는 $5.04 \times 10^{-2} \text{m}^3/\text{m}$ 이었으며, 그 다음 해에는 $7.37 \times 10^{-2} \text{m}^3/\text{m}$ 이었다.

이중 運材路 路面 浸蝕量은 運材路 開設 當該年度에는 運材路 總浸蝕량의 32.7%, 그 다음 해에는 57.1%이었으며, 運材路 路面 浸蝕의 설명에 유의한 因子는 多重回歸分析結果 累加降雨量, 浸蝕距離, 運材路 橫斷물매, 土壤硬度 等 4個 因子이었고, 降雨량이 많을수록, 始點으로부터의 거리가 멀수록, 橫斷물매가 급할수록 路面 浸蝕量은 증가하였다.

運材路에서의 切土斜面 浸蝕量은 運材路 開設 當該年度에는 運材路 總浸蝕량의 30.4%, 그 다음 해에는 21.0%이었으며, 運材路 切土斜面 浸蝕量的 說明에 유의한 因子는 切土斜面的 模樣, 浸蝕핀의 位置, 植生被覆度, 土壤硬度, 모래含有率, 累加降雨量, 粘土含有率, 미사含有率 等 8個 因子이었다. 그리고 運材路에서의 盛土斜面 浸蝕量은 運材路 開設 當該年度에는 運材路 總浸蝕量

의 36.9%, 그 다음 해에는 21.9%이었으며, 運材路 盛土斜面 浸蝕量的 說明에 유의한 因子는 總降雨量, 降雨횟수, 土壤硬度 等 3個 因子로, 降雨량과 降雨횟수가 많을수록 浸蝕量은 증가하였다.

따라서 運材路에서 발생하는 浸蝕을 低減하기 위하여는 運材路 設計時 적절한 路線 設計가 이루어져야 하며, 運材路의 切土·盛土斜面에는 早期 植生被覆을 위한 安定·綠化 方案이 講究되어야 할 것이다.

引用文獻

1. 金慶勳. 1994. 林道 切土비탈의 植生造成에 미치는 環境因자의 影響에 關한 研究. 서울大學校 大學院 碩士學位論文. 51p.
2. 吉田博直. 1982. 道路切取りのり面の含水量の推定. 日本林學會誌 64(9) : 352 - 355.
3. 上野新次. 1967. 林道工事と山地保全. 第三回治山林道研究會發表論文集. 232 - 236.
4. 禹保命. 1983. 新制 砂防工學. 郷文社. 310p.
5. 禹保命·權台鎬·金南椿. 1993. 林道비탈면의 自然植生 侵入과 效果的인 비탈면 綠化工法 開發에 關한 研究 - 切取비탈면을 대상으로 -. 韓國林學會誌 82(4) : 381 - 395.
6. 岩垣雄一·土屋義人. 1956. 水滴による地面 浸蝕に關する二, 三の實驗. 土木學會論文集 35 : 55 - 63.
7. 李峻雨. 1987. 林道에 있어서 切取斜面的 安定性 分析에 關한 研究. 서울大學校 碩士學位論文. 43p.
8. 李峻雨. 1992. 數值地形모델을 利用한 林道網 配置計劃에 關한 研究. 서울大學校 博士學位論文. 154p.
9. 市原恒一. 1981. 林道路面の耐浸蝕性について

- て(豫報), 第92回日本林學大會發表論文集 : 197 - 199.
10. 鄭道鉉. 1994. 林道構造 및 降雨特性이 土壤浸蝕 및 土砂流出에 미치는 影響 - 白雲山地區의 新設林道를 對象으로 -. 서울大學校 博士學位論文, 110p.
 11. 小部彌太郎. 1985. 林道の路面浸蝕. 第20回 治山林道研究發表論文集, 281 - 285.
 12. 北田正憲·竹内美次·北田健二. 1989. 트라クタ集材による攪亂가林地에及ぼす影響. 第100回日林講 : 653 - 654.
 13. 環境處. 1991. 環境影響評價書作成 等に 關한 規定. 90p.
 14. Adams, P.W. and C.W. Andrus. 1991. Planning timber harvesting operations to reduce soil water problems in humid tropic steepplands. Proceedings forest harvesting in southern asia, 24 - 31.
 15. Adamovich, L., D.S. Lacate and R.P. Willington. 1971. The impact of forest roads on the environment. Faculty of Forestry. University of British Columbia. 16 - 22.
 16. Beasley, R.S., A.B. Granillo and V. Zillmer. 1986. Sediment losses from forest management : Mechanical versus chemical site preparation after clearcutting. Journal of Environmental Quality 15 : 413 - 416.
 17. Brown, G.W. 1991. Forestry and water quality. O.S.U. second edition. 142p.
 18. Fredriksen, R.L. 1970. Erosion and sedimentation following road construction and timber harvest on unstable soils in three small Oregon watersheds. USDA Forest Serv. Research Paper PNW - 104, 15p.
 19. Froehlich, H.A., D.W.R. Miles and R.W. Robbins. 1985. Soil bulk density recovery on compacted skid trails central Idaho. Soil Science Society American Journal 49(4) : 1016 - 1017.
 20. Hatchell, G.H., C.W. Ralston and R.R. Foil. 1970. Soil disturbance in logging : Effects on soil characteristics and growth of loblolly pine in the Atlantic Coastal Plain. Journal of Forestry 68 : 772 - 775.
 21. Haupt, H.F. and W.J. Kidd. 1965. Good logging practices reduced sedimentation in central Idaho. Journal of Forestry 63(9) : 664 - 667.
 22. Johnson, M.G. and R.L. Beschta. 1980. Logging, Infiltration Capacity, and Surface Erodibility in Western Oregon. Journal of Forestry 78(6) : 334 - 337.
 23. Perry, T.O. 1964. Soil compaction and loblolly pine growth. U.S. For., Tree Plant. Notes : 67 - 69.
 24. Rogen, D.R. 1974. Watershed response rating system. Forest Hydrology hydrologic effects of vegetation manipulation, part II. USDA Forest Service, Missoula, Montana.
 25. Sidle, R.C. 1992. A theoretical model of the effects of timber harvesting on slope stability. Water resources research 28(7) : 1898 - 1910.
 26. U.S. Department of the Interior. 1970. Industrial waste guide on logging practice. U.S. Dept. of the Interior Federal Water Poll. Cont. Admin. NW - Reg. Portland, Oregon. 79p.
 27. Vaughan, L. 1984. Logging and the environment. N.Z. Logging Industry Research Association. 73p.
 28. Weitzman, S. and G.R. Trimble Jr. 1952. Skid road erosion can be reduced. Journal of Soil and Water Conservation 7 : 122 - 124.